

ساله (۱۳۹۷-۱۳۸۷) دریافت شد. سپس رابطه میان این پارامترها، ضریب همبستگی در نرم افزار SPSS میان مقادیر تغییرات پارامترهای مذکور محاسبه شد. رابطه میان تغییرات شوری و افت سطح تراز آب زیرزمینی نشان داد که در منطقه طی سالهای مورد مطالعه در ابتدای دوره تا سال ۹۶-۱۳۹۵ در مجموع به میزان ۲۹/۳۹ میکروزیمنس بر سانتی متر از شوری آبخوان کاسته شده و پس از آن، به میزان شوری آب افزوده شده است. کاهش میزان شوری توأم با کاهش ۱/۸۱ متری سطح تراز آب زیرزمینی طی دوره آماری بوده است. رابطه بین تغییرات SAR و افت سطح تراز آب زیرزمینی تاییدی بر تغییرات کاهشی SAR طی دوره آماری است. هم چنین شیب تغییرات SAR در این محدوده منفی بود. به عبارت دیگر، کاهش SAR هم جهت با کاهش سطح سفره است. در نهایت مطابق رابطه میان تغییرات TDS و افت سطح تراز آب زیرزمینی مشخص گردید که مجموع تغییرات TDS طی دوره آماری مورد مطالعه افزایشی بوده است که در جهت عکس تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی می باشد. بررسی روند به ترتیب تغییرات شوری، SAR و TDS با سطح تراز آب زیرزمینی در این محدوده برابر با ۰/۴۳-، ۰/۲۴- و ۰/۴۳- می باشد. نتایج این روند نشان دهنده آن است که با کاهش سطح آب زیرزمینی به ترتیب میزان شوری، SAR و کل جامدات محلول افزایش یافته است.

واژه های کلیدی: آبخوان، روند، سطح تراز، فرونشست، هدایت الکتریکی.

مقدمه

منابع آب زیرزمینی نقش مهمی در تأمین منابع آب شیرین برای تولید محصولات کشاورزی، زندگی روزمره و پیشرفت اقتصادی بر عهده دارد [۱۵]. کاهش کیفیت منابع آب به دلایل مختلف از جمله ورود آلاینده های شیمیایی و صنعتی به رودخانه ها و آب زیرزمینی، افزایش سختی آب، اسیدی شدن آب و حرکت آب های شور به سمت دشت ها به دنبال افزایش نیاز و تقاضا رخ خواهد داد [۱۲]. در بخش کشاورزی، علاوه بر وضعیت کمی منابع آب پارامترهای کیفی می تواند نقش قابل توجهی و محدودکننده ای بر این بخش و حتی بر پایداری خاک داشته باشد [۱۹]، به طوری که نقش آب های زیرزمینی در روند تخریب و بیابان زایی یک منطقه دوسویه است. افزایش و کاهش سطح آب زیرزمینی در هر دو حالت باعث بیابانی شدن برخی

بررسی اثر پارامترهای کیفی و کمی بر آب زیرزمینی حوزه آبخیز ارنا - دهج

سیدمسعود سلیمان پور^۱، مریم نعیمی^۲، سکینه لطفی نسب^۳، سمیرا زندی فر^۴،

امید رحمتی^۵ و محبوبه معتمدنیا^۶

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۵/۰۳ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۰۶/۲۷

DOI: WMJI.2024.2036550.1079/10.22034

چکیده

افت سطح آب زیرزمینی همراه با کاهش کیفیت آن مخاطرات زیست محیطی متعددی را ایجاد می کند. با توجه به این که کیفیت آب زیرزمینی تحت تأثیر کمیت آن قرار می گیرد، تغییرات پارامترهای کیفی آب با توجه به سطح تراز سفره ی زیرزمینی در محدوده های مطالعاتی امری ضروری است. بر اساس همین ضرورت مطالعه حاضر با هدف پایش تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در حوزه آبخیز ارنا - دهج انجام شده است. برای انجام پژوهش حاضر نخست حوزه آبخیز ارنا - دهج در محدوده شمالی استان های کرمان و یزد انتخاب شد. برای بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی از جمله شوری، نسبت جذب سدیم (SAR)، کل مواد جامد محلول (TDS) و پارامترهای کمی آب زیرزمینی با مراجعه به سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب) و سازمان آب منطقه ای استان های کرمان و یزد، داده های منابع آب زیرزمینی برای چاه های عمیق، چشمه و قنات طی دوره ۱۰

۱- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران و نویسنده مسئول:

Email: m.soleimanpour@areeo.ac.ir

۲- استادیار بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- استادیار بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۵- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران.

۶- دکتری تخصصی، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان بافق، استان یزد، ایران.

مناطق می‌شود [۱۲]. همان‌طور که اشاره شد کاهش سطح آب عامل اساسی در افزایش روند بیابان‌زایی می‌باشد. بالا آمدن سطح سفره زیرزمینی نیز با گذشت زمان به دلیل کاهش تهویه خاک و ماندابی شدن، شرایط را برای تخریب زمین فراهم می‌کند. با شور شدن آب و یا خاک، محیط مقاومت کم‌تری را در مقابل بیابان‌زایی نسبت به زمانی که آب و خاک دارای نمک کم‌تری است از خود نشان می‌دهد. شور شدن خاک از عوامل مهم تخریب زمین در جهان محسوب می‌شود [۱۷]. در این حالت سدیمی شدن سبب از هم‌گسیختگی ساختمان خاک و شوری موجب ایجاد خشکی فیزیولوژیکی و سمیت گیاه می‌گردد. در اثر تخریب ساختمان خاک و پوشش گیاهی، فرسایش بادی و آبی نمایان می‌شود. شور شدن آب و خاک در اثر عوامل طبیعی و انسانی صورت می‌گیرد که عامل طبیعی آن سازندهای زمین‌شناسی و گنبد‌های نمکی می‌باشد. استفاده از سامانه‌های آبیاری غیرعلمی و اصولی در صنعت کشاورزی به‌عنوان دخالت‌های انسانی، سبب تشدید این پدیده می‌شود.

باتوجه به اهمیت و ضرورت تعیین وضعیت و ارتباط بین پارامترهای کیفی و کمی (سطح تراز) آب زیرزمینی تاکنون مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است [۱۴، ۵، ۶، ۱، ۷، ۱۶ و ۹] که می‌توان به برخی از تازه‌ترین مطالعات در این زمینه اشاره داشت. در پژوهشی نجف‌پور و همکاران [۱۳] با بررسی اثر تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی بر آلودگی آبخوان دشت لنجانان در استان اصفهان نشان دادند که افت سطح آب زیرزمینی به میزان ۰/۲۴ متر در سال بوده و از سال ۱۳۸۶ به بعد کاملاً محسوس‌تر شده است. علاوه بر آن میزان پارامترهای کیفی از جمله هدایت الکتریکی، شوری، نسبت جذب سدیم^۱ (SAR)، کل مواد جامد محلول^۲ (TDS) در این آبخوان از روند افزایشی برخوردار بوده است. سپس اسکندری دامنه و همکاران [۴] در پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی در مناطق خشک دشت میناب نشان دادند که سطح آبخوان در طی سال‌های مورد مطالعه به علت حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق روند نزولی داشته است. هم‌چنین مطابق پیش‌بینی‌ها درباره پارامترهای کیفی EC و SAR در سال‌های ۱۳۹۸، ۱۴۰۳، ۱۴۰۸ و ۱۴۱۴ مشخص شد که میزان این پارامترها در سال ۱۴۱۴ در آب زیرزمینی افزایش خواهد یافت و آلودگی ناشی از آن، از سمت جنوب به سمت شمال منطقه در حال حرکت خواهد بود. میمون و همکاران [۱۰]، به تجزیه و تحلیل آماری و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پارامترهای کیفی ۱۳ نمونه آب‌های زیرزمینی ایالت سند پاکستان پرداختند. یافته‌های این مطالعه نشان‌دهنده وجود پارامترهای فیزیکوشیمیایی بالا در یک آبخوان کم‌عمق است که با مقادیر دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای آب آشامیدنی مغایرت دارد. در همین سال بهاری میماندی و همکاران [۲]، به بررسی تأثیر عامل‌های طبیعی و انسانی بر افت سفره آب

زیرزمینی در دشت میناب در بازه زمانی ۱۳۹۹-۱۳۶۵ پرداختند. نتایج تغییرات سطح آب زیرزمینی حاکی از افت ۱۰/۱۹ متری در دشت است که این کاهش تراز از سال ۱۳۸۱ آغاز و تاکنون با رشد ۰/۴۴۹ متری در سال ادامه دارد. چودهری و همکاران [۳]، وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه گجرات هند را مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس این مطالعه مشخص گردید که منطقه در دو دهه گذشته اغلب تحت تأثیر خشک‌سالی بوده است، علاوه بر آن به دلیل استفاده بی‌رویه با بحران هشداردهنده آب زیرزمینی و کیفیت رو به وخامت مواجه است.

با مرور منابع و پیشینه‌های تحقیق چنین استنباط می‌گردد که برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و هم‌چنین آبیاری‌های غیراصولی زمین‌های کشاورزی باعث کاهش توان دینامیکی سفره‌ها، پدیده فرونشست، فشرده شدن زمین، کاهش آبدی و خشک شدن بعضی از چاه‌ها، پیشروی جبهه آب‌شور در مجاور بعضی از کفه‌ها در سفره‌های آب زیرزمینی شده؛ به‌طوری‌که سرعت تخریب و بهره‌برداری بسیار بیش‌تر از روند تجدید و احیاء این منابع شده و همین مسئله باعث نابودی سطوح گسترده‌ای از منابع و شکنندگی عرصه‌های وسیع‌تر محیط‌زیست شده است. امروزه بحران آب از دیدگاه کیفی جایگاه غالب‌تری نسبت به بحران کمی آن پیدا کرده و به‌صورت یک بحران محیط‌زیستی درآمده است. این مسئله در کشور ایران، به‌خصوص در نواحی خشک بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به همین منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط میان پارامترهای کیفی و کمی آب زیرزمینی حوزه آبخیز اران-دهج به‌منظور پایش وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی برای مدیریت بهتر ذخایر منابع و شناخت عوامل مؤثر بر خطر فرونشست برنامه‌ریزی و انجام شده است.

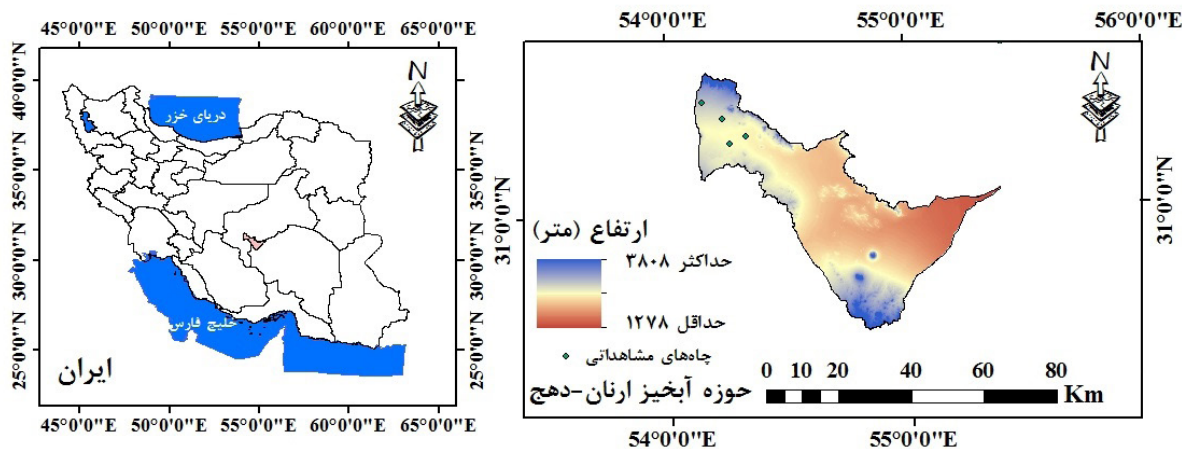
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز اران-دهج در محدوده شمالی استان‌های کرمان و یزد واقع شده است. مساحت این محدوده حدود ۳۹۸۴/۹۳ کیلومتر مربع و میانگین ارتفاع منطقه حدود ۱۹۰۹/۹۹ متر می‌باشد. هم‌چنین حدود ۷۲/۶۵ و ۲۷/۳۴ درصد مساحت منطقه را به‌ترتیب ارتفاعات و دشت پوشانده است. میزان بارندگی بر اساس نقشه‌ی هم‌باران از حدود ۵۰ میلی‌متر در دشت‌ها و قسمت‌های مرکزی منطقه تا ۲۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات جنوبی و جنوب‌غرب تغییر می‌یابد. متوسط بارش در حدود ۱۲۵ میلی‌متر است. کمبود بارش و برف باعث شده که در منطقه رودهای پرآبی وجود نداشته باشد و تنها رودخانه‌های فصلی و مسیل‌های خشک در این منطقه وجود داشته باشند. از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه دارای چشم‌انداز کوهستانی و رسوبات آذرینی تا رسوبات و نهشته‌های رسوبی در طیف زمانی پرکامبرین تا دوران سوم را شامل می‌شود. موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.

1. Sodium Absorption Ratio

2. Total Dissolved Solids



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز ارنان-دهج واقع در استان‌های کرمان و یزد و ایران

جدول ۱: همبستگی میان افت تراز آب زیرزمینی و مقادیر شوری در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷

سال	مقادیر شوری	سطح تراز آب	تغییرات سطح تراز آب	تغییرات مقادیر شوری
۱۳۸۸-۱۳۸۷	۲۴۹۳/۵۸	۱۹۹۴/۷۰	-۰/۳۱	۰
۱۳۸۹-۱۳۸۸	۲۵۴۹/۷۸	۱۹۹۴/۶۲	-۰/۰۸	۵۶/۲۰
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۲۲۹۹/۷۷	۱۹۹۴/۵۰	-۰/۱۱	-۲۵۰/۰۱
۱۳۹۱-۱۳۹۰	۱۶۲۵/۵۰	۱۹۹۴/۳۷	-۰/۱۳	-۶۷۴/۲۷
۱۳۹۲-۱۳۹۱	۱۵۸۸/۴۴	۱۹۹۴/۰۷	-۰/۲۹	-۳۷/۰۶
۱۳۹۳-۱۳۹۲	۱۸۰۶/۹۳	۱۹۹۳/۹۲	-۰/۱۴	۲۸/۴۹
۱۳۹۴-۱۳۹۳	۱۸۵۶/۴۴	۱۹۹۳/۶۷	-۰/۲۵	۴۹/۵۱
۱۳۹۵-۱۳۹۴	۱۷۵۲/۹۰	۱۹۹۳/۵۳	-۰/۱۴	-۱۰۳/۵۴
۱۳۹۶-۱۳۹۵	۱۷۵۰/۰۰	۱۹۹۳/۲۴	-۰/۲۸	-۲/۹۰
۱۳۹۷-۱۳۹۶	۲۶۰۴/۵۶	۱۹۹۲/۹۷	-۰/۲۷	۸۵۴/۵۶
۱۳۹۸-۱۳۹۷	۲۴۶۴/۱۹	۱۹۹۲/۸۹	-۰/۰۷	-۱۴۰/۳۸
میانگین	۲۰۷۲/۰۱	۱۹۹۳/۸۶	-۰/۱۹	-۲/۹۴
کل تغییرات	-۲۹/۳۹	-۱/۸۱	-۰/۱۸	۷۱۴/۱۹
همبستگی افت و شوری آب		۰/۱۷	-۰/۴۳	

روش پژوهش

جمع‌آوری داده‌های آماری

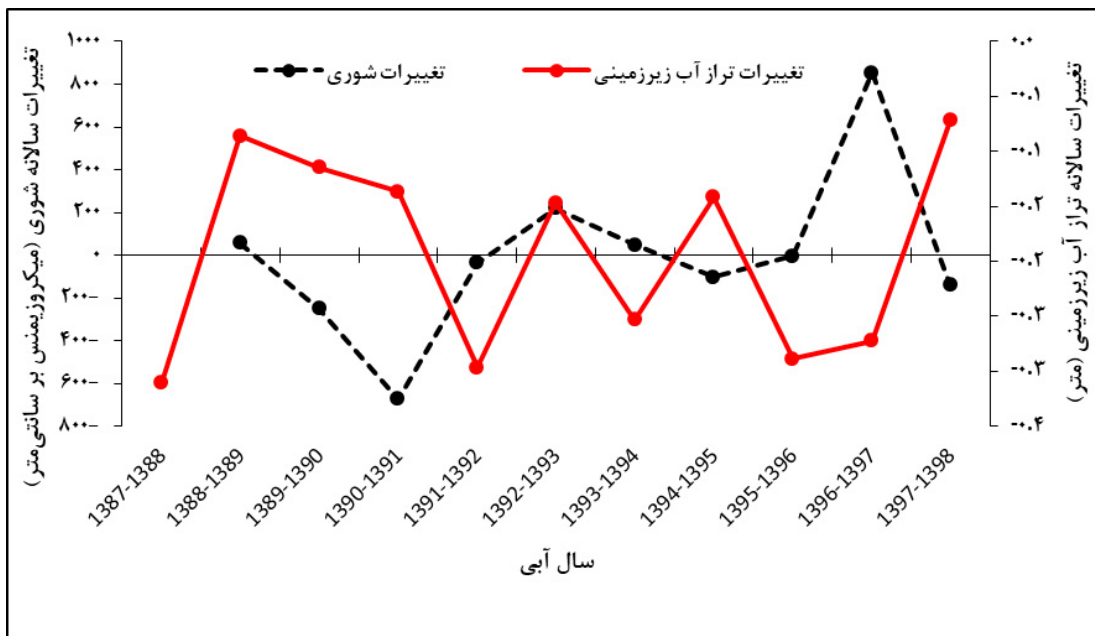
به منظور بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی و کمی آب زیرزمینی حوزه آبخیز ارنان-دهج با مراجعه به سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب) و سازمان آب منطقه‌ای استان‌های کرمان و یزد، داده‌های منابع آب زیرزمینی تعداد ۳۵۵ نمونه آب برای چاه‌های عمیق، چشمه و قنات برای دوره آماری ۱۰ ساله از سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۸-۱۳۹۷ اخذ گردید. با استفاده از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. سپس میزان پارامترهای کیفی از جمله شوری، SAR و TDS و سپس پارامتر سطح تراز آب زیرزمینی در مقیاس سالانه تعیین شد. در ادامه، به تحلیل رابطه میان پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی و افت سطح تراز پرداخته شد. علاوه بر آن رابطه بین این پارامترها و ضریب همبستگی پیرسون برای پارامترهای مذکور در نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید.

نتایج

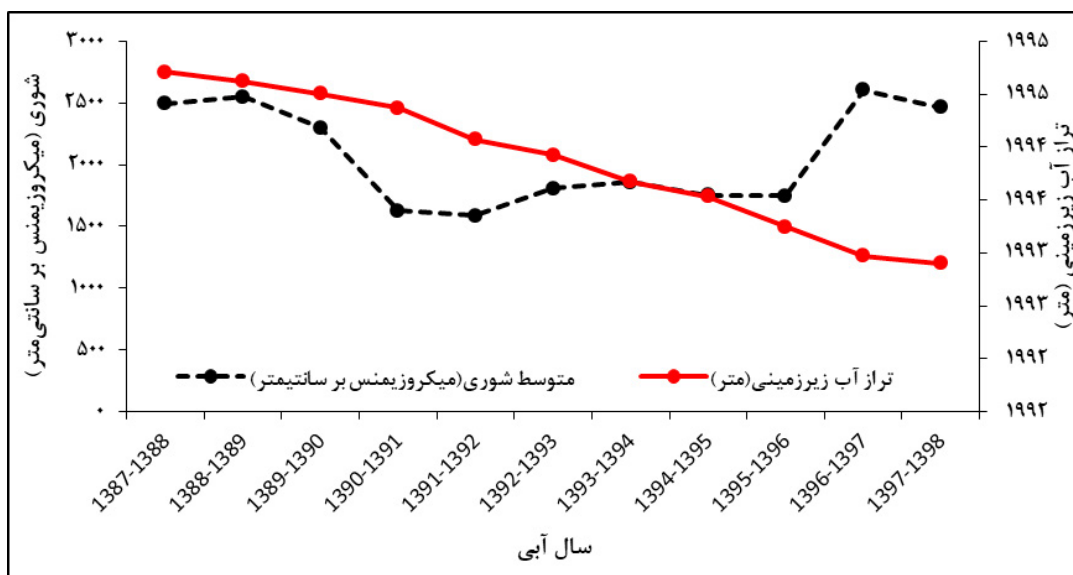
نتایج ارزیابی رابطه میان پارامترهای کیفی (شوری، نسبت جذب سدیم، کل مواد جامد محلول) و کمی آب زیرزمینی (سطح تراز آب زیرزمینی) در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷) در شکل‌های ۲ و ۳، برای منطقه ارائه شده است.

رابطه بین تغییرات شوری و افت سطح تراز آب زیرزمینی

ارزیابی تغییرات پارامتر هدایت الکتریکی در محدوده مورد مطالعه نشان داد طی سال‌های مورد مطالعه در مجموع به میزان ۲۹/۳۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر از شوری آبخوان کاسته شده است که این میزان کاهش در ابتدای دوره تا سال ۹۶-۱۳۹۵ صورت گرفته و از این سال به بعد، به میزان شوری آب افزوده شده است. این میزان کاهش شوری توأم با کاهش ۱/۸۱ متری سطح تراز آب زیرزمینی طی دوره آماری مورد مطالعه بوده است (شکل ۲ و جدول ۱). بررسی روند تغییرات شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در این محدوده حاکی از آن است که رابطه منفی غیر معنی‌داری (-۰/۴۳)، میان این



شکل ۲: رابطه بین افت تراز آب زیرزمینی و تغییرات شوری در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷



شکل ۳: رابطه بین افت تراز آب زیرزمینی و مقادیر شوری در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷

و سطح تراز آب زیرزمینی است (جدول ۲).
رابطه بین تغییرات کل مواد جامد محلول و افت سطح تراز آب زیرزمینی

شکل‌های ۶ و ۷ رابطه بین تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی و مقادیر TDS آب را طی دوره آماری ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۸-۱۳۹۷ نشان می‌دهند. همان‌طور که از این نمودارها قابل تشخیص است مجموع تغییرات TDS طی دوره آماری مورد مطالعه افزایشی بوده است که در جهت عکس تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی می‌باشد.

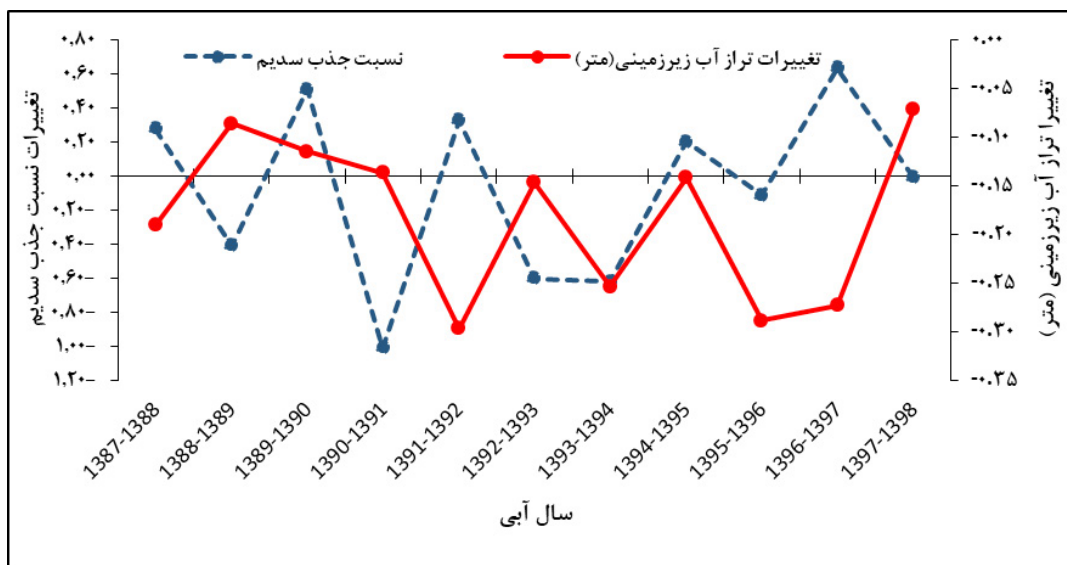
مقادیر ضریب همبستگی در منطقه برابر با $0.43-$ است که نشان‌دهنده رابطه منفی میان تغییرات سطح تراز و کل مواد جامد محلول است (جدول ۳). وجود رابطه منفی بیانگر افزایش میزان کل جامدات محلول در نتیجه کاهش سطح تراز آب زیرزمینی می‌باشد.

دو پارامتر در طی سال‌های مورد مطالعه برقرار است. همان‌طور که در شکل (۳)، مقادیر تراز آب زیرزمینی نشان می‌دهد؛ روند تغییرات سطح آب زیرزمینی از ابتدای دوره تا انتهای دوره مورد بررسی کاملاً نزولی بوده که بیانگر افت آب در این محدوده می‌باشد.

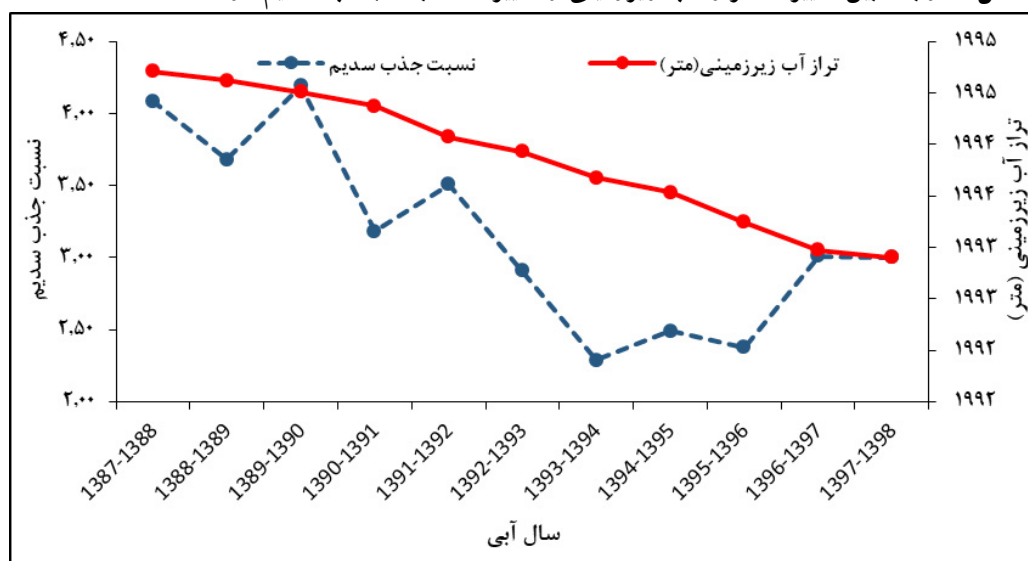
رابطه بین تغییرات نسبت جذب سدیم و افت سطح تراز آب زیرزمینی

شکل‌های ۴ و ۵ رابطه بین تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی و مقادیر SAR آب را طی دوره آماری ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۸-۱۳۹۷ نشان می‌دهند. همان‌طور که از این نمودارها قابل تشخیص است مجموع تغییرات SAR طی دوره آماری کاهش یافته بوده است.

مقادیر ضریب همبستگی در منطقه برابر با $0.24-$ است که نشان‌دهنده رابطه منفی غیر معنی‌دار بین تغییرات نسبت جذب سدیم



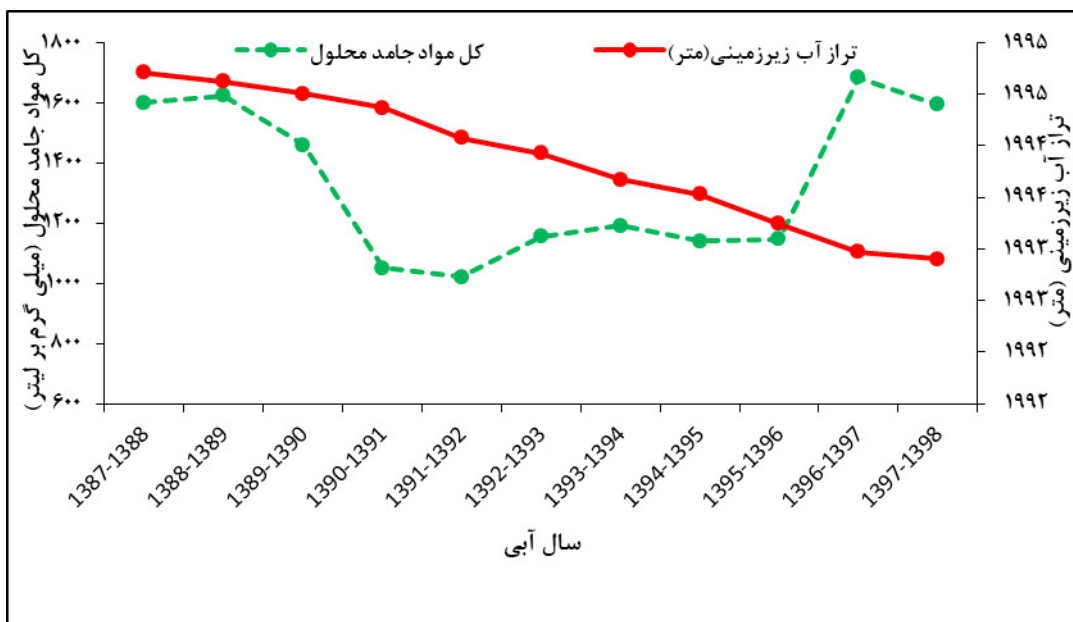
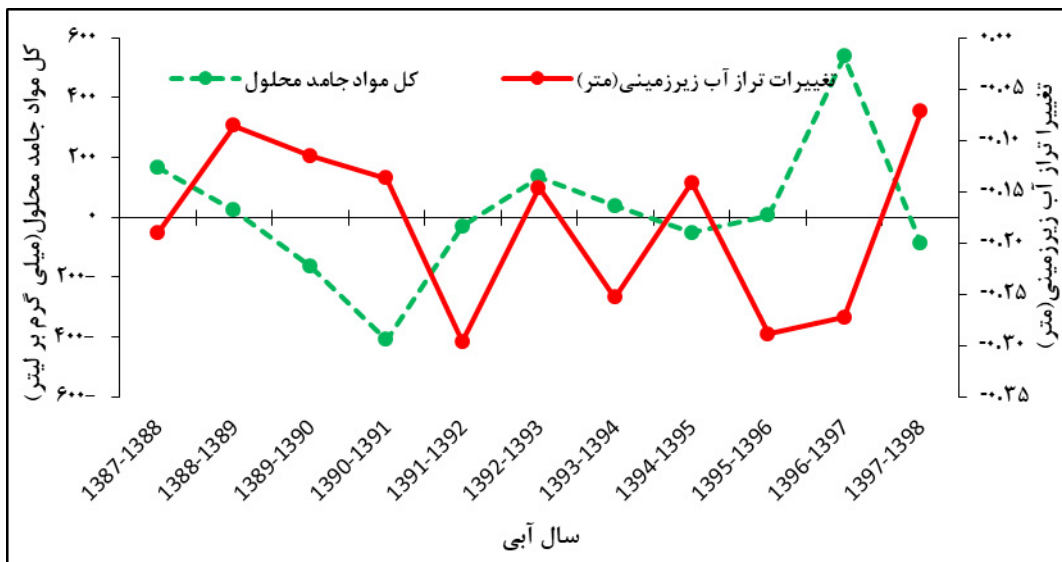
شکل ۴: رابطه بین تغییرات تراز آب زیرزمینی و تغییرات نسبت جذب سدیم در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷



شکل ۵: رابطه بین تراز آب زیرزمینی و نسبت جذب سدیم در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷

جدول ۲: همبستگی بین افت تراز آب زیرزمینی و نسبت جذب سدیم در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷

سال	نسبت جذب سدیم	سطح تراز آب	تغییرات سطح تراز آب	تغییرات نسبت جذب سدیم
۱۳۸۸-۱۳۸۷	۴/۰۹	۱۹۹۴/۷۰	-۰/۱۹	۰/۲
۱۳۸۹-۱۳۸۸	۳/۶۸	۱۹۹۴/۶۲	-۰/۰۸	-۰/۴۱
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۴/۱۹	۱۹۹۴/۵۰	-۰/۱۱	۰/۵۱
۱۳۹۱-۱۳۹۰	۳/۱۸	۱۹۹۴/۳۷	-۰/۱۳	-۱/۰۱
۱۳۹۲-۱۳۹۱	۳/۵۱	۱۹۹۴/۰۷	-۰/۲۹	۰/۳۳
۱۳۹۳-۱۳۹۲	۲/۹۱	۱۹۹۳/۹۲	-۰/۱۴	-۰/۶۰
۱۳۹۴-۱۳۹۳	۲/۲۹	۱۹۹۳/۶۷	-۰/۲۵	-۰/۶۲
۱۳۹۵-۱۳۹۴	۲/۴۹	۱۹۹۳/۵۳	-۰/۱۴	۰/۲۰
۱۳۹۶-۱۳۹۵	۲/۳۸	۱۹۹۳/۲۴	-۰/۲۸	-۰/۱۱
۱۳۹۷-۱۳۹۶	۳/۰۱	۱۹۹۲/۹۷	-۰/۲۷	۰/۶۳
۱۳۹۸-۱۳۹۷	۳/۰۰	۱۹۹۲/۸۹	-۰/۰۷	-۰/۰۱
میانگین	۳/۱۶	۱۹۹۳/۸۷	-۰/۱۸	-۰/۰۷
کل تغییرات	-۱/۰۹	-۱/۸۱	-۱/۸۰	۰/۸۱
همبستگی افت و شوری آب	۰/۳۲	۰/۳۲	-۰/۲۴	



شکل ۷: رابطه بین تراز آب زیرزمینی و کل مواد جامد محلول در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷

جدول ۳: همبستگی بین افت تراز آب زیرزمینی و کل مواد جامد محلول در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷

سال	کل مواد جامد محلول	سطح تراز آب	تغییرات سطح تراز آب	تغییرات کل مواد جامد محلول
۱۳۸۸-۱۳۸۷	۱۶۰۰/۲۶	۱۹۹۴/۷۰	-۰/۱۹	۱۶۷/۷۰
۱۳۸۹-۱۳۸۸	۱۶۲۳/۳۹	۱۹۹۴/۶۲	-۰/۰۸	۲۳/۱۳
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۱۴۶۱/۰۰	۱۹۹۴/۵۰	-۰/۱۱	-۱۶۲/۳۹
۱۳۹۱-۱۳۹۰	۱۰۵۱/۶۷	۱۹۹۴/۳۷	-۰/۱۳	-۴۰۹/۳۳
۱۳۹۲-۱۳۹۱	۱۰۲۰/۲۵	۱۹۹۴/۰۷	-۰/۲۹	-۳۱/۴۲
۱۳۹۳-۱۳۹۲	۱۱۵۴/۴۶	۱۹۹۳/۹۲	-۰/۱۴	۱۳۴/۲۱
۱۳۹۴-۱۳۹۳	۱۱۹۱/۶۰	۱۹۹۳/۶۷	-۰/۲۵	۳۷/۱۴
۱۳۹۵-۱۳۹۴	۱۱۴۰/۶۶	۱۹۹۳/۵۳	-۰/۱۴	-۵۰/۹۴
۱۳۹۶-۱۳۹۵	۱۱۴۶/۹۰	۱۹۹۳/۲۴	-۰/۲۸	۶۲/۴
۱۳۹۷-۱۳۹۶	۱۶۸۳/۰۳	۱۹۹۲/۹۷	-۰/۲۷	۵۳۶/۱۳
۱۳۹۸-۱۳۹۷	۱۵۹۴/۶۹	۱۹۹۲/۸۹	-۰/۰۷	-۸۸/۳۴
میانگین	۳/۱۶	۱۹۹۳/۸۷	-۰/۱۸	-۰/۰۷
کل تغییرات	-۵/۵۸	-۱/۸۱	-۱/۸۰	۱۶۲/۱۳
همبستگی افت و شوری آب		۰/۳۲	-۰/۴۳	

خاک است، با کاهش وضعیت سلامت خاک می‌توان انتظار داشت که وضعیت سایر بوم‌سازگان در شرایط بحرانی واقع شود. به همین دلیل نیاز ضروری است که چنین مطالعاتی در زمینه بررسی وضعیت کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی برای جلوگیری از شور شدن خاک و سایر بحران‌ها از جمله فرونشست زمین صورت گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر تلاشی برای نشان‌دادن ارتباط بین پارامترهای کیفی و تغییرات سطح تراز منابع آب زیرزمینی در حوزه آبخیز ارنان-دهج به‌عنوان یکی از حوزه‌های آبخیز واقع در مناطق خشک کشور است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات شوری، نسبت جذب سدیم و کل مواد جامد محلول با سطح تراز آب زیرزمینی در سال‌های اخیر به‌صورت روند افزایشی بوده است. هم‌چنین سطح تراز منابع آب زیرزمینی دچار افت و کاهش حجم شده است. علاوه بر این یافته‌های این پژوهش بر ضرورت پایش مکانی و زمانی وضعیت پارامترهای کیفی همراه با نوسانات منابع آب زیرزمینی در کل کشور برای مدیریت بهتر این حوضه‌ها تأکید دارد. در واقع یافته‌های منتج از این پژوهش، اطلاعات ارزشمند و مهمی را در اختیار برنامه‌ریزان و سیاست‌مداران در اجرای بهتر برنامه‌های توسعه و جامع حوزه آبخیز قرار می‌دهد. در مجموع توصیه می‌گردد که با توجه به اهمیت دخالت‌های جوامع بشری در برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و بحرانی کردن این منابع، سعی شود که وضعیت تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر این منابع نیز مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

این اثر برگرفته از بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی با عنوان "مطالعات تخریب خاک و فرونشست تحت تأثیر منابع آب زیرزمینی در دشت‌های ایران"، با کد ۰۱-۰۹-۰۹-۰۳۰-۹۹۰۲۵-۹۹۰۵۴۳ و مصوب در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور می‌باشد. نویسندگان این مقاله بر خود فرض می‌دانند از همکاری و پشتیبانی آن مؤسسه سپاسگزاری و قدردانی نمایند.

منابع

1. Ali, S., Mohammadi, A. A., Ali, H., Alinejad, N., and Maroosi, M. 2022. Qualitative assessment of ground water using the water quality index from a part of Western Uttar Pradesh, North India. *Desalin. Water Treat*, 252, 332-338.
2. Bahari Meimandi, J., Bazrafshan, O., Esmaelpour, Y., Shekari, M., and Zamani, H. 2023. Study the effect of natural and anthropogenic factors on the ground water falling in The Minab Plain. *Desert Management*,

منابع آبی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به دلیل توپوگرافی طبیعی، تغذیه آب‌های زیرزمینی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی منطقه، هم‌چنین فعالیت‌های نامناسب بشری در آبخوان‌های باکیفیت پایین قرار دارند. در چنین آبخوان‌هایی، توسعه بسیار کم منابع آب زیرزمینی اتفاق می‌افتد که در نهایت منجر به غرقابی و شور شدن خاک می‌شود [۸]. فرآیندهای ژئوشیمیایی که در آبخوان اتفاق می‌افتد، نقش عمده‌ای در تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی دارد. از طرف دیگر تخریب منابع آب به‌صورت کمی و کیفی می‌تواند سبب کاهش زیست‌توده و بیابانی شدن مناطق را به دنبال دارد. افت سطح تراز منابع آب زیرزمینی و سپس کاهش کیفیت منابع آبی از فرایندهای مهم بیابان‌زایی است. با توجه به اهمیت تغییرات کیفیت و سطح تراز منابع آب زیرزمینی در حوزه آبخیز ارنان-دهج می‌توان فهمید که به‌طور متوسط در منطقه شوری آب سالانه ۲/۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر کاسته شده است که این کاهش شوری با کاهش سالانه ۱۸ سانتی‌متری سطح آب زیرزمینی همراه بوده است (شکل ۲). وجود رابطه منفی میان تغییرات شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در محدوده ارنان-دهج بیانگر این مطلب است که با کاهش سطح آب به میزان شوری افزوده شده است که از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. هم‌چنین شکل (۳) گویای آن است که مقادیر سالانه EC در انتهای دوره مطالعاتی (۹۷-۱۳۹۶)، به میزان شوری آب زیرزمینی (۷۱۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) افزوده شده است که این افزایش شوری توأم با کاهش ۳۴ سانتی‌متری سطح آب زیرزمینی می‌باشد. لازم به ذکر است که کاهش سطح آب زیرزمینی به‌دلیل حفر چاه‌های متعدد آب منجر به افزایش میزان هدایت الکتریکی آب چاه‌ها و شوری آنها شده است. خاک این مناطق به دنبال افزایش شوری منابع آب، شور خواهد شد و پوشش گیاهی منطقه دستخوش تغییراتی خواهد شد. در بررسی ارتباط میان تغییرات نسبت جذب سدیم و افت سطح تراز آب زیرزمینی مشخص گردید که شیب تغییرات نسبت جذب سدیم در این محدوده منفی بوده است. به‌عبارت‌دیگر، کاهش نسبت جذب سدیم هم‌جهت با کاهش سطح سفره است. وجود رابطه منفی بین مقادیر ضریب همبستگی بیانگر افزایش میزان نسبت جذب سدیم در نتیجه کاهش سطح تراز آب زیرزمینی است. در نهایت در بررسی ارتباط بین تغییرات کل مواد جامد محلول و افت سطح تراز آب زیرزمینی مجموع تغییرات TDS طی دوره آماری مورد مطالعه افزایشی بوده است که در جهت عکس تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی می‌باشد. هم‌چنین وجود رابطه منفی بین مقادیر ضریب همبستگی بیانگر افزایش میزان کل جامدات محلول در نتیجه کاهش سطح تراز آب زیرزمینی می‌باشد. با مرور منابع تحقیقاتی و مستندات موجود مشخص می‌شود که عمده این مطالعات تغییرات معنی‌دار پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی به دنبال کاهش سطح تراز آب را تأیید می‌نمایند [۲۲، ۲۰، ۲۱، ۱۸ و ۱۱]. با توجه به این‌که کیفیت آب یکی از شاخص‌های مهم سلامت

11. Meng, F., Ronda, R., Stokal, M., Kroeze, C., Ma, L., Krol, M., de Graaf, I., Zhao, Y., Wang, Y., Du, X., Liu, X., Xu, W., Zhang, F., and Wang, M. 2024. Setting goals for agricultural nitrogen emission reduction to ensure safe air and groundwater quality: A case study of Quzhou, the North China Plain. *Journal of Environmental Management*, 351, 119737.
12. Mohamadi, A., Karimi, H., and Hidarizadi, Z. 2017. Investigating the effects of groundwater quality on the desertification in Mehran Plain. *Iranian Water Researches Journal*, 11(2), 21-32. (In Persian)
13. Najafpour, N., Torabi Poode, H., and Yoonesi, H. 2020. Evaluation of groundwater quantity and quality on aquifer pollutant (Case study: Lenjanat Plain, Isfahan). *Environmental Researches*, 11(21), 233-248. (In Persian)
14. Panahi, M., Misaqi, F., and Ghanbari, F. (2017). Determining of trend variation in quality parameters of Shabestar plain underground water. *Environmental Sciences*, 15(3), 19-38. (In Persian)
15. Pham, Q. B., Kumar, M., Di Nunno, F., Elbeltagi, A., Granata, F., Islam, A. R. M. T., Talukdar, S., Cuong Nguyen, X., Ahmed, A.N., and Anh, D. T. 2022. Groundwater level prediction using machine learning algorithms in a drought-prone area. *Neural Computing and Applications*, 34(13), 10751-10773.
16. Pooramini, T., Fotouhi Firoozabad, F., Barkhordari, J. (2024). Analysis of temporal trend of changes of groundwater quality parameters (Case study: aquifer of Fathabad). *Environmental Erosion Research Journal*, 14 (1), 60-78. (In Persian)
17. Qureshi, A. S., McCornick, P. G., Qadir, M., and Aslam, Z. 2008. Managing salinity and waterlogging in the Indus Basin of Pakistan. *Agricultural water management*, 95(1), 1-10.
18. Rahmawati, N., Rahayu, K., Arisanty, D., Adj, T. N., and Di Salvo, C. 2024. Variation of groundwater level due to land use, precipitation, and earthquake in Yogyakarta city from 2005 to 2020. *Groundwater for Sustainable Development*, 101195.
19. Shadjoo, M. A., Sarai Tabrizi, M., and Babazadeh, H. 2023. Monitoring trend of changes in some qualitative parameters of Jiroft plain groundwater 11(1), 1-18.
3. Chaudhari, M. P., George, A., Sanyal, M., and Shrivastav, P. S. 2024. Hydrochemistry and groundwater quality assessment of Gujarat, India: A Compendious Review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 103635.
4. Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivand, H., Barati, A. 2022. The future of temporal and spatial variations in the quantitative and qualitative parameters of groundwater in arid regions: A Case study of Minab Plain. *Environmental Erosion Research Journal*, 12 (3), 78-99. (In Persian)
5. Evans, S. W., Jones, N. L., Williams, G. P., Ames, D. P., and Nelson, E. J. 2020. Groundwater level mapping tool: An open source web application for assessing groundwater sustainability. *Environmental Modelling & Software*, 131, 104782.
6. Javadi, S., Zehtabian, G. R., Jafary, M., Khosravi, H., and Abolhasani, A. 2020. Quantitative and qualitative analysis of groundwater affected by land use change. *Desert*, 25(1), 65-75.
7. Hikouei, I. S., Eshleman, K. N., Saharjo, B. H., Graham, L. L., Applegate, G., and Cochrane, M. A. 2023. Using machine learning algorithms to predict groundwater levels in Indonesian tropical peatlands. *Science of the Total Environment*, 857, 159701.
8. Kamra, S. K., Lal, K., Singh, O. P., and Boonstra, J. 2002. Effect of pumping on temporal changes in groundwater quality. *Agricultural water management*, 56(2), 169-178.
9. Khan, M. S. H., Haque, M. E., Ahmed, M., Mallick, J., Islam, A. R. M. T., and Fattah, M. A. 2024. Quantitative analysis and modeling of groundwater flow using visual MODFLOW: a case from subtropical coal mine, northwest Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*, 26(5), 12971-12993.
10. Memon, Y. I., Qureshi, S. S., Kandhar, I. A., Qureshi, N. A., Saeed, S., Mubarak, N. M., Ullah Khan, Sh., and Saleh, T. A. 2023. Statistical analysis and physicochemical characteristics of groundwater quality parameters: a case study. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103(10), 2270-2291.

22. Yeh, H. F., Lee, C. H., Hsu, K. C., and Chang, P. H. 2009. GIS for the assessment of the groundwater recharge potential zone. *Environmental geology*, 58, 185-195.

resources. *Water and Soil Science*, 33(2), 119-135. (In Persian)

20. Torabipoudeh, H., Yonesi, H., Haghizadeh, A., and Arshia, A. 2022. Assessment of groundwater quality changes and evaluation of IRWQIGC in Lenjanat-Najafabad aquifers area. *Desert Ecosystem Engineering*, 8(25), 53-66. (In Persian)

21. Wang, W., Chen, Y., Wang, W., Zhu, C., Chen, Y., Liu, X., and Zhang, T. 2023. Water quality and interaction between groundwater and surface water impacted by agricultural activities in an oasis-desert region. *Journal of Hydrology*, 617, 128937.



Abstract

Investigating the Effect of Qualitative and Quantitative Parameters on Ground Water in Arnan-Dehj Watershed

S.M. Soleimanpour¹, M. Naeimi², S. Lotfinasab³, S. Zandifar⁴, O. Rahmati⁵ and M. Motamednia⁶

Received: 2024/07/24 Accepted: 2024/07/19

The falling groundwater level and deteriorating quality pose significant environmental risks. Since groundwater quality is influenced by its quantity, adjusting water quality parameters is essential based on groundwater table depth. This study aims to monitor the quantitative and qualitative changes of groundwater sources in the Arnan-Dehj watershed. The Arnan-Dehj watershed, located on the northern border of Kerman and Yazd provinces, was selected for this study. Data on groundwater from deep wells, fountains, and aqueducts over a 10-year period (2008-2018) were obtained from the Iran Water Resources Research Organization (Tamab) and the Regional Water Organization of Kerman and Yazd provinces. Correlation coefficients between qualitative parameters (salinity, sodium absorption ratio (SAR), total dissolved solids (TDS)) and quantitative parameters of groundwater were calculated using SPSS software. The study found that salinity in the aquifer water decreased by 29.39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ from the start of the period until 2016-2017, after which salinity increased. A decrease in groundwater salinity corresponded with a 1.81 m drop in the water table level. The SAR showed a decreasing trend, indicating that lower SAR values correlated with declining water levels. Conversely, TDS values increased over the period, inversely related to the water table changes. The correlation coefficients for salinity, SAR, and TDS with groundwater levels were -0.43, -0.24, and -0.43, respectively, indicating that as groundwater levels dropped, salinity, SAR, and TDS values increased.

Keywords: Aquifer, Electrical conductivity, Level surface, Subsidence, Trend.

1. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. Email: m.soleimanpour@areeo.ac.ir

2. Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

3. Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

4. Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

5. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran.

6. Natural Resources and Watershed Management Department, Bafgh County, Yazd Province, Iran.